Aus der Augenklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Heinrich Harms

Nahtmaterial in der Ophthalmochirurgie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Jürgen Hennig
aus Stuttgart

1969

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547611_0062

Aus der Augenklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Heinrich Harms

Nahtmaterial in der Ophthalmochirurgie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Jürgen Hennig
aus Stuttgart

1969

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. J. Hirschmann

1. Berichterstatter: Professor Dr. G. Mackensen
2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Harms

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG · Tübingen

Gliederung der Arbeit

A. Einleitung — Seite

Zur Geschichte der Nahtanwendung bei Augenoperationen — 4

B. Literaturüberblick

I. Die Wundheilung am Auge — 7

II. Gründe für die Nahtanwendung — 10

III. Nahtmaterial für die Ophthalmochirurgie — 13

1. Resorbierbares Nahtmaterial

a. Katgut — 13

b. Rattenschwanzsehnen (Biosuturen) — 21

c. Kollagene Ersatzfäden — 25

2. Nicht resorbierbares Nahtmaterial

a. Naturstoffe

aa. Seide — 26

ab. Haar — 31

ac. Baumwolle und andere pflanzliche Fasern — 33

b. Kunststoffe

ba. Polyamide — 35

bb. Polyester und Polyäthylene — 39

c. Metall — 42

C. Die Erprobung im Tierexperiment Seite

I. Techniken für die experimentelle Untersuchung von Nahtmaterial 44

II. Entwurf für die zukünftige experimentelle Bearbeitung des Problems 47

D. Zusammenfassung

E. Literaturverzeichnis

A. Einleitung

Zur Geschichte der Nahtanwendung bei Augenoperationen

Schon in den frühesten schriftlichen Dokumenten der Menschheit, z.B. in den Gesetzen des HAMMURABI, finden wir Hinweise auf eine operative Behandlung von Augenkrankheiten. Der Inder SUSRATA (um 1000 v.Chr.) erwähnt in seinen medizinischen Schriften sogar schon den Starstich. Bei HIPPOKRATES dagegen finden sich zwar viele Hinweise auf Augenkrankheiten und ihre Behandlung, operative Eingriffe jedoch werden wenig erwähnt. Einen Fortschritt bringt der Araber RHAZES (865 - 925) in seiner Schrift "Liber continens" mit der Erwähnung einer Kataraktextraktion und der Verwendung von Saiten als Nahtmaterial, wobei allerdings unklar bleibt, ob diese auch in der Augenchirurgie angewendet wurden.

Während des gesamten Mittelalters bleibt die operative Behandlung von Augenkrankheiten den Badern und herumziehenden Starstechern vorbehalten. Mit der Erfindung der Linsenextraktion leitete JACQUES DAVIEL (1696 - 1762) eine neue Epoche in der Augenheilkunde ein. Doch erst um 1800 wird die Ophthalmologie zusammen mit der Chirurgie in die offizielle Medizin mit einbezogen. Seitdem sind besonders zahlreiche Methoden und Modifikationen zur Starextraktion entwickelt worden, wobei ALBRECHT VON GRAEFE (1828 - 1870) wohl der bedeutendste Verdienst zukommen dürfte (ARRINGTON 1959 und BADER 1959).

Den Versuch, bei der Starextraktion auch Nähte anzuwenden, macht als erster WILLIAMS (1873). Ihm folgen CZERMAK (1888), SUAREZ DE MENDOZA (1889) und KALT (1895). Diesen Autoren geht es vor allem um die Verhinderung des Irisvorfalls. Nach CZERMAK soll die Naht nur in besonders gefährdeten Fällen angewendet werden. Welches Nahtmaterial damals verwendet wurde, wird nicht erwähnt, lediglich, daß der Faden sehr fein sein müsse. Die Zurückhaltung gegenüber der Nahtanwendung hält noch längere Zeit an. Erst nachdem die intrakapsuläre Starextraktion (STANCULEANU 1912 und TORÖK 1916) allgemein üblich geworden ist (um 1930), setzt sich auch der Nahtverschluß der Operationswunde durch. Damit beginnt die Diskussion über die Eignung verschiedenen Nahtmaterials für diesen Zweck.

Eine Sonderstellung in der Augenheilkunde nimmt die Keratoplastik ein. Schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts setzten Versuche ein, eine trüb gewordene Hornhaut wieder durchsichtig zu machen. Die Methode der Sklerektomie, die anfänglich angewendet wird, führt allerdings zu keiner dauernden Besserung. Auch die zahlreichen Versuche, fremde, durchsichtige Hornhaut oder künstliche Implantate an Stelle der trüben einzusetzen, haben lange Zeit sehr wenig Erfolg. Das war vor allem auf die mangelnde Sterilität des Operationsfeldes und die vergleichsweise ungenaue Operationstechnik zurückzuführen. Erst nachdem diese Schwierigkeiten durch die Einführung der Asepsis und des VON HIPPEL'schen Uhrwerktrepans beseitigt werden, zeigen sich die ersten Dauererfolge

(PATON 1955 und RYCROFT 1955). Bei der lamellierenden, besonders aber auch bei der perforierenden Keratoplastik ist es sehr wichtig, die Transplantate sicher an ihrem Platz zu fixieren. Dazu wurden verschiedene Methoden entwickelt. Besonders häufig verwendet man feines Nahtmaterial, um sie entweder direkt festzunähen oder durch darübergespannte Fäden festzuhalten. Vor allem bei dieser Verwendung von Nahtmaterial ist es wichtig, daß die Gewebsreizung durch den Faden möglichst gering gehalten wird, was ebenfalls Anlaß zu einer intensiven Suche nach geeigneten Materialien gab.

B. Literaturüberblick

I. Die Wundheilung am Auge (nach DUKE - ELDER 1965)

Untersucht man die reparativen Vorgänge einer Augenwunde, so kann man wegen der anatomischen Besonderheiten je nach Lage der Wunde in der Konjunktiva, der Kornea oder der Sklera Unterschiede im Heilungsverlauf feststellen.

Betrachten wir zuerst die Heilung einer Konjunktivawunde. Wird, wie es bei vielen Operationen geschieht, ein Lappen der Konjunktiva abgehoben und dann wieder in seine alte Lage zurückgebracht, so ist er dort schon nach etwa einer Stunde verklebt. Die endgültige Anheilung dauert nicht länger als einige Tage. Ebenso können Flächen, von denen das Epithel abgehoben und entfernt wurde, sehr rasch durch Zellteilung und -wanderung von den angrenzenden noch intakten Bezirken her wieder epithelisiert werden. Die Exsudation ins Wundgebiet, die in den ersten 24 Stunden vor allem Leukozyten enthält, wird danach lymphozytär mit einzelnen Plasmazellen. Nach etwa 48 Stunden beginnt die Fibroblasenproliferation, verbunden mit dem Einwandern von Makrophagen und nach 170 Stunden ist die Regeneration praktisch abgeschlossen.

Vergleicht man damit den Heilungsverlauf an der Kornea, so sieht man, daß er in den Grundzügen gleich, jedoch zeitlich wesentlich verzögert, abläuft. Das hat seinen Grund wohl darin, daß die Konjunktiva gut durchblutet ist, während

die Kornea keine Blutgefäße hat. Das Epithel breitet sich sehr rasch wieder über die Wundfläche aus. Eine Schnittwunde ist praktisch schon nach Stunden weitgehend epithelisiert. Bei dem Stroma der Kornea unterscheidet man zwischen der avaskulären Heilung - sie geht ohne Gefäßeinsprossung in die Kornea vor sich bei nicht infizierten und nicht stark traumatisierten Wunden - und der vaskulären Heilung mit Gefäßeinsprossung.

Die avaskuläre Heilung zeigt etwa folgenden Ablauf: In den ersten drei Tagen sieht man vor allem ein Einwandern von Leukozyten, die sich dann besonders im Wundgebiet unter dem Epithel ansammeln. Diese Einwanderung geschieht ziemlich rasch. Die ersten Zellen werden etwa 1 bis 5 Stunden nach der Verletzung im Wundgebiet gefunden, wobei sie sowohl aus der Tränenflüssigkeit als auch durch das Gewebe der Kornea vom Limbus her eintreten können. Liegt im Wundgebiet viel zertrümmertes Gewebe, dann erscheinen ebenso schnell auch Lymphozyten. Nach etwa einer Woche sind diese Zellen zum großen Teil wieder verschwunden, falls die Wunde bis dahin nicht infiziert wurde. Gleichzeitig mit diesen Vorgängen ändern sich auch die Stromazellen. Sie lösen sich aus dem Verband und nehmen Spindelform an. Sie scheinen als erste an der aktiven Heilung beteiligt zu sein, denn sehr bald schon bilden sie Mucopolysaccharide. Beginnend nach 48 Stunden, mit raschem Ansteigen bis zum 3. - 5. Tag und einem Gipfel am Ende der ersten Woche läuft die Zellinvasion der Makrophagen ab, und zwar vor allem bei infizierten Wunden.

Diese Zellen scheinen zuerst Gewebstrümmer zu beseitigen, um sich dann wahrscheinlich z.T. in Keratoblasten umzuwandeln und Fasern zu bilden. Das regenerierte Gewebe ist noch nicht so regelmäßig geschichtet wie vorher, aber unter den natürlichen Belastungen, denen die Kornea ausgesetzt ist, ordnet es sich. Dieser Vorgang ist nach etwa 45 Tagen weitgehend abgeschlossen.

Ist die Wunde infiziert, so tritt eine wesentlich stärkere Infiltration aller Zellarten auf. Vom Limbus her wachsen Blutgefäße ein, und von ihnen aus wird ein normales Granulations- und Narbengewebe gebildet, das natürlich nicht mehr durchsichtig ist. Nachdem die Wunde geheilt ist, bilden sich die meisten Gefäße wieder zurück, und auch das Narbengewebe kann etwas durchsichtiger werden, aber der Endzustand ist optisch wesentlich ungünstiger als bei einer nicht infizierten Schnittwunde.

Die Sklera ist von beiden Seiten von einem stark vaskularisierten Gewebe umgeben, so daß ihre Heilung schneller und leichter vor sich geht als die der Kornea, obwohl sie wie diese ein zellarmes Gewebe ist. Innderhalb der ersten 24 Stunden sieht man eine starke Leukozyteninfiltration, die bei unkomplizierten Wunden nach 48 Stunden zum größten Teil wieder verschwunden ist. An ihre Stelle sind jetzt Histiozyten und Gefäße getreten. Das Skleragewebe beteiligt sich selbst sehr wenig an der Heilung, so daß die neugebildeten Bindegewebsfasern einen anderen Verlauf zeigen und sich erst nach einiger Zeit zum Teil in den ursprünglichen Verlauf ausrichten.

II. Gründe für die Nahtanwendung

Die Wundheilung verläuft günstiger, und auch die zurückbleibende Narbe entspricht mehr dem Zustand vor der Verletzung, wenn es gelingt, die Heilung per primam zu erreichen. Dies ist nur dann möglich, wenn die Wundränder während des Heilungsvorganges in richtiger Position dauerhaft zusammengehalten werden. Das kann im allgemeinen durch eine Naht erreicht werden.

Von einer Wundnaht werden im einzelnen folgende Vorteile erwartet:

1. Eine grobe Wundabdichtung während der ersten Stunden nach der Operation. Der Wundverschluß durch Fibrin ist nämlich erst nach etwa einer Stunde gewährleistet. Bei perforierenden Augenverletzungen im Bereich der Kornea, die ja keine Blutgefäße enthält, stammt dieses Fibrin aus dem sogenannten zweiten Kammerwasser, der eiweißreichen Flüssigkeit, die nach Abfließen des ursprünglichen Kammerwassers vom Ziliarkörper produziert wird.
2. Eine Sicherung gegen Wunddehiszenzen innerhalb der ersten 14 Tage. Erst nach diesem Zeitpunkt ist die Heilung soweit fortgeschritten, daß ein Auseinanderweichen der Wundränder auch ohne Naht nicht mehr befürchtet zu werden braucht. Dabei ist es wichtig zu beachten, wie sich die Zugfestigkeit des Nahtmaterials und die der Wunde während dieser Zeit verhalten. Untersucht man z.B. die Hornhautwunde einer Kataraktoperation, so läßt sich über ihre Zugestigkeit fol-

gendes sagen: Schon nach wenigen Stunden ist der Wundspalt durch Fibrin verklebt. Nach drei Tagen setzt eine rege Fibroblastentätigkeit ein, die am fünften bis sechsten Tag ihren Höhepunkt erreicht. Gegen Ende der zweiten Woche sind die Wundränder schon recht gut miteinander verwachsen, und nach der sechsten Woche werden keine entzündlichen Erscheinungen mehr beobachtet. Eine Festigkeitszunahme im Narbengebiet ist noch während der folgenden Monate bis Jahre zu beobachten. Die Belastbarkeit nimmt während der Heilung bis zur zweiten Woche rasch zu und nähert sich danach über lange Zeit asymptotisch einem Endwert. Das Nahtmaterial läßt sich in zwei Gruppen unterteilen: Die Zugfestigkeit der resorbierbaren Nahtmaterialien nimmt entsprechend ihrer Resorptionsgeschwindigkeit linear ab, bis sie nach einiger Zeit im Gewebe abgebaut worden sind. Die Nahtfestigkeit sollte dabei solange ausreichen bis die Wunde fest genug ist. Nicht resorbierbares Nahtmaterial dagegen verliert nur sehr langsam an Zugfestigkeit, muß aber nach etwa 20 Tagen entfernt werden, wenn es Fremdkörperreaktionen hervorruft und unterhält.

3. Die Möglichkeit, die Wundränder wieder genau in ihre ursprüngliche Lage zu bringen. Die Heilung wird dadurch beschleunigt und vereinfacht und es entsteht eine möglichst kleine Narbe. Dabei wird auch verhindert, daß bewegliche Gebilde wie Iris oder Glaskörper in den Wundspalt prolabieren und eingeklemmt werden. Die Vorderkammer kann man außerdem am Ende der Operation mit Luft füllen, und sie

dadurch sofort wiederherstellen. Es werden also mögliche Synechien verhindert.

III. Nahtmaterial für die Ophthalmochirurgie

1. Resorbierbares Nahtmaterial

a. Katgut

Katgut wird aus dem kollagenen Gewebe der Submukosa von Schafdärmen hergestellt. Das Submukosaband wird dabei zu Fäden aufgedreht und getrocknet. Neben diesem wenig denaturierten Kollagenfaden kann das Material durch zwei verschiedene Verfahren gegerbt werden. Nach der einen Methode wird das Submukosaband vor dem Aufdrehen mit Chromsalzen behandelt, dadurch wird eine homogene Gerbung erreicht. Nach der anderen wird der fertige Faden chromiert, wobei vorwiegend die äußeren Schichten gegerbt werden. Da durch die Chromierung die Resorptionsgeschwindigkeit beeinflußt wird, kann durch verschieden starke Chromeinwirkung die Resorptionsdauer bestimmt werden. Man unterscheidet nach HUDEMANN (1959) unchromiertes, leicht-, mittel- und stark chromiertes Katgut. Nachdem der Faden fertiggetrocknet ist, kann er noch leichte Kaliberschwankungen und Rauhigkeiten der Oberfläche zeigen, deshalb wird er von einigen Firmen noch oberflächlich abgeschliffen. Dadurch soll eine besonders konstante Zugfestigkeit und ein gutes Gleiten im Gewebe erreicht werden.

Der fertig präparierte Faden kommt in verschiedenen Aufbewahrungs- und Konservierungsformen in den Handel. Angeboten werden Trockenpackungen, die aber nicht für die Augenchirurgie

geeignet sind und Verkaufspackungen, bei denen das Katgut in einer besonderen Aufbewahrungsflüssigkeit liegt. Dabei unterscheidet man "boilable", d.h. hitzesterilisierbare Packungen, die eine wasserfreie Flüssigkeit mit entsprechend hohem Siedepunkt enthalten (z.B. Xylol, Toluol, Spezialnaphtha oder Mischungen von Isopropylalkohol, Benzin und Amali-Öl) und "non boilable", die nicht mehr hitzesterilisiert werden können und hochprozentigen Alkohol (85 bis 95 %),unter Zusatz von antiseptischen Stoffen, enthalten. Nach HUDEMANN werden dafür vor allem verschiedene Quecksilberverbindungen, Phenol und Phenolderivate oder quarternäre Ammoniumverbindungen verwendet.

Die Dicke der Fäden wird in Maßeinheiten angegeben, die innerhalb der Nahtmaterialindustrie verabredet wurden. Die Bezeichungen 8/0 bis 7 sind eine in der Stärke ansteigende Reihe. Die Toleranzen für die verschiedenen Stärken differieren von einer Firma zur anderen, aber auch in den einzelnen Herstellerländern, was beim Vergleich von Veröffentlichungen beachtet werden muß. In neuester Zeit bemühen sich die Hersteller einheitliche Normen für die Kalibrierung zu schaffen, um diese Schwierigkeiten zu beseitigen. Für Nähte in den vorderen Augenabschnitten kommen nur die Stärken von 8/0 bis 4/0 in Betracht.

Die physikalischen Eigenschaften von Katgut verschiedener Firmen können an Hand der TabelleIverglichen werden. Sie wurde nach den Meßergebnissen der Firmen zusammengestellt.

Tabelle I

Katgut für die Ophthalmochirurgie

Firma bzw. Messung	Durchmesser (µ)	Reißkraft (p) linear	Reißkraft (p) i.Knoten	Bruchdehnung (%) linear	Bruchdehnung (%) i.Knoten
Braun Melsungen	40	170	90	16,5	9,7
	60	195	103	16,2	11,3
	80	208	118	16,8	10,8
Ethicon Glashütte	9/0=18 bis 36		23		
	8/0=36 bis 64		45		
	7/0=64 bis 89		60		
	6/0=89 bis 130		160		
J.Pfrimmer Erlangen	75	190	140		
	90	250	170		
Dr.Hammer Hamburg	6/0=64 bis 113		65		12
Ruhland Neustadt a.d.Don.	160		500		11,5
	140		300		8,0
	120		200		9,0

Die Werte der Firma Ethicon sind mit denen der anderen Firmen nicht zu vergleichen, da Ethicon nach der Vorschrift der USP - also am nassen Faden - mißt und die übrigen Firmen nach der Vorschrift des DAB - also am trockenen Faden.

Beim Nahtverschluß von Operationswunden der vorderen Augenabschnitte können vor allem Komplikationen auftreten, wenn die Fäden nach etwa 10 Tagen wegen der beginnenden Fremdkörperreaktionen gezogen werden müssen. Deshalb setzten ab 1943 zahlreiche Versuche ein, die bis dahin gebräuchliche Seide durch das resorbierbare Katgut zu ersetzen. Die meisten Autoren experimenteller und klinischer Untersuchungen vergleichen daher die Gewebsreaktion von Katgut mit der von Seide.

HUGHES (1943), HUGHES, GUY und ROMAINE (1944) und TRAUTMANN (1963) fanden bei korneoskleralen Nähten eine etwa gleichartige Gewebsreaktion von Seide und Katgut, bei leicht chromiertem Katgut jedoch eine stärkere. KIFFNEY (1960) empfiehlt bei konjunktival gedeckten Nähten die Verwendung von unchromiertem Katgut, um durch die raschere Resorption die Gewebsirritation möglichst kurz zu halten.

Obwohl schon günstige klinische Berichte über die Verwendung von unchromiertem Katgut bei Kataraktoperationen vorlagen (DAVIS 1944, ALGER 1947) empfahl FRALICK (1950) die Verwendung von leicht chromiertem Katgut. In sehr ausführlichen Untersuchungen beschreiben DUNNINGTON und REGAN (1952, 1953, 1956, 1957) die Wundheilung am Auge und ihre Beeinflussung durch Seide und verschieden chromiertes Katgut. Sie stellen vor allem initial die stärkste Gewebsreaktion bei unchromiertem Katgut fest, weniger starke bei leicht chromiertem und die schwächste bei Seide. Die Naht mit Katgut ergebe eine breitere Narbe und stärkere Vaskularisierung

des Narbengebietes. Daneben sei eine schnell einsetzende und relativ starke polymorphzellige Infiltration zu beobachten, die etwa am fünften Tag in eine Fibroblastenproliferation übergehe. Dieselbe Beobachtung macht VANNAS (1959). Er zitiert jedoch PATON (1955), der bei leicht chromiertem Katgut manchmal schwere Reaktionen bis zu Abszeßbildungen beobachtete.

Bei Untersuchungen, ob Katgut antigene Eigenschaften habe, stellten APT und COSTENBADER (1960 und 1961) fest, daß diese einen ausschließlich lokalen Faktor darstellen und bei chromiertem Katgut geringer seien als bei unchromiertem. In einer ähnlichen Untersuchung mit Katgutnähten an der Kornea katgutsensibilisierter Tiere konnte festgestellt werden, daß keine Beeinflußung der Wundheilung eintrat (Mc PHERSON 1961). Daneben stellte GASKIN (1963) auf Grund klinischer Erfahrungen fest, daß bei mit Strahlen sterilisiertem Katgut vermehrt Granulome im Nahtgebiet aufgetreten seien. Dieser Befund könnte mit den Versuchsergebnissen von HUFNAGEL et al. (1965) erklärt werden, wonach strahlensterilisiertes Katgut gegen die Resorption wesentlich widerstandsfähiger ist als hitzesterilisiertes.

Als einen der Hauptvorteile von Katgut betont DUNNINGTON das völlige Fehlen von Epitheleinsprossungen und Nekrosen in der Umgebung des Fadens, im Gegensatz zur Seide, wo dies häufig zu beobachten sei. Diesem Befund widersprechen jedoch die Beobachtungen von KARA (1953), Mc PHERSON (1961)

und FECHNER (1965). Die Autoren stellten Nekrose und Epitheleinsprossungen auch an Katgutfäden fest, allerdings nicht so stark wie bei Seide.

In der allgemeinen Chirurgie und bei Konjuntivalwunden ist die Wundheilung im allgemeinen erst nach dem fünften Tag soweit fortgeschritten, daß das Zusammenhalten der Wundränder durch die Naht an Bedeutung verliert. Da bei unchromiertem Katgut die Resorptionsvorgänge in dieser Zeit schon sehr weit fortgeschritten sein können, ist ein sicheres Halten der Naht nicht in allen Fällen gewährleistet. Genaue Untersuchungen über die Abnahme der Zugfestigkeit im Verlauf der Resorption bei verschieden chromiertem Katgut findet man bei HAUGAARD et al. (1946). Allerdings wurden die Versuche an Bauchmuskeln von Ratten gemacht, deshalb sind die ermittelten Werte, vor allem was die Resorptionsgeschwindigkeit betrifft, nicht ohne weiteres auf die Bedingungen am menschlichen Auge zu übertragen. Sie zeigen einen annähernd linearen Abfall der Zugfestigkeit des Katgut, während sich die Festigkeit der ungenähten Wunde asymptotisch einem Endwert nähert. Das ergibt einen Abfall der Gesamtfestigkeit innerhalb der ersten Tage mit einem zeitlich von der Resorptionsgeschwindigkeit abhängigen Tiefpunkt und danach wieder einen Anstieg bis zur vollständigen Heilung. Die in den ersten Tagen bessere Wundfestigkeit bei Verwendung von chromiertem Katgut veranlaßt DUNNINGTON gerade, dieses als besonders geeignet für die Augenchirurgie zu bezeichnen, entgegen der früheren Empfehlung von HUGHES (1943)

HUGHES, GUY und ROMAINE (1944); DAVIS (1944) und ALGER (1947). Allerdings sieht KIFFNEY (1960) in der rascheren Resorption des unchromierten Katguts geraden den besonderen Vorteil der geringeren Irritation. Das Fortschreiten der Resorptionsfähigkeit von der Konjunktiva in die tieferen Korneoskleralen Lamellen beschreibt FECHNER (1965). Ebenso wie DUNNINGTON und Mc PHERSON stellt er fest, daß eine sehr ungleichmäßige Resorption an ein und demselben Faden möglich ist. Einzelne Fadenstückchen können über Wochen und Monate im Gewebe liegenbleiben. Diese Beobachtung erklärt er mit der individuell unterschiedlichen Resorbierbarkeit und der ungleichmäßigen Gerbung des Fadens. Bei einem Vergleich der Resorptionsgeschwindigkeit für Katgut beim Menschen und beim Kaninchen stellte MADSEN (1953) fest, daß die Resorption beim Menschen schneller erfolge, was beim Vergleich klinischer Beobachtungen und tierexperimenteller Ergebnisse beachtet werden sollte.

Allerdings reicht diese Tatsache noch nicht aus zur Erklärung der doch recht unterschiedlichen Aussagen, die über ein und dasselbe Nahtmaterial in den verschiedenen Literaturmitteilungen gemacht werden. Nach Mc PHERSON (1961) könnte das auch noch darauf zurückzuführen sein, daß die Fäden an verschiedenen Stellen des vorderen Augenabschnittes erprobt wurden. Betrachtet man nämlich ausschließlich korneale Nähte, so sind die Gewebsreaktionen auf Seide, unchromiertes und chromiertes Katgut weniger unterschiedlich.

Aus einigen klinischen Beobachtungen wird die Eignung von unchromiertem oder leicht chromiertem Katgut für korneale Nähte abgeleitet (FRALICK 1950, KIRBY 1954, KRONENBERG 1958 und Mc PHERSON 1961). PATON (1955) berichtet allerdings von schweren Reaktionen, ja sogar Abszeßbildungen. Zu demselben negativen Urteil kommt RIZUTTI (1965), der hinzufügt, daß Katgut für die Hornhautchirurgie zu unhandlich sei, und daß die Knoten zu spontanem Aufgehen neigten.

b. Rattenschwanzsehnen (Biosuturen)

Als Biosuturen werden die durch eine besondere Präparationstechnik (GARDILICIC 1949, VANNAS u. LARMI 1959, LARMI 1960 u. KRÜGER 1964) gewonnenen Sehnen aus dem Schwanz von Ratten bezeichnet. Es besteht die Möglichkeit, diese Sehnen weitgehend steril zu gewinnen, weshalb keine sehr durchgreifenden Sterilisationsmethoden nötig sind. Die fast aus reinem Kollagen bestehenden Sehnen werden deshalb weniger verändert und denaturiert als die Kollagenstrukturen bei der Herstellung von Katgut. Die vergleichsweise langsame Resorption erübrigt eine Chromierung, so daß die Biosuturen mehr einem Heterotransplantat gleichen als einem Fremdkörper, wie ihn die anderen Nahtmaterialien darstellen (KETTESY 1957). Von den meisten Autoren werden geringe Gewebsreaktionen beschrieben.

Zur Sterilisation werden verschiedene Verfahren angegeben. GARDILICIC (1949) entnimmt die Sehnen steril und bewahrt sie dann bis zur Verwendung in 70 %-igem Alkohol auf. Andere Autoren, wie KETTESY (1957) und HALLERMANN (1959), legen weniger Wert auf eine sterile Entnahme, desinfizieren die Sehnen aber dann 24 Stunden lang in 96 %-igem Jod-Alkohol und bewahren sie in 96 %-igem Alkohol auf. Da diese Verfahren die Sehnen nicht immer zuverlässig sterilisieren oder doch weitgehend denaturieren, führten VANNAS und LARMI (1959) ein neues Sterilisationsverfahren ein. Sie brachten die Sehnen im Autoklaven bei einem atü und 2o ^{o}C 24 Stunden lang mit einem Gemisch aus 10 %-igem Äthylenoxyd und 90 %-igem

CO_2 zusammen und erzielten dabei eine vollkommene Sterilität bei sehr geringer Denaturierung. Eine Methode, die Sehnen aufzubewahren, geben sie jedoch nicht an, so daß man annehmen muß, sie haben nur kurz vor dem Gebrauch hergestellte Sehnen verwendet. Nach ihrem Verfahren gewonnene Biosuturen lassen sich mit Hilfe der Gefriertrockung sofort nach der Sterilisation haltbar aufbewahren (TALOR et al. 1963).

Die Dicke der Sehnenfäden beträgt nach VANNAS und LARMI (1959) 150 μ. Sie sind also etwas dünner als Seide oder Katgut der Stärke 6/0. Die Festigkeit entspricht etwa der von 6/0 Katgut.

Während auch Sehnen verschiedener anderer Tiere in der allgemeinen Chirurgie verwendet wurden (HUDEMANN 1959), sind für die Augenchirurgie nur die Schwanzsehnen von Ratten brauchbar. Als erster erwähnte PISCHEL (1929) ihre Verwendung bei Kataraktoperationen. Viele Augenchirurgen folgten seinem Beispiel offenbar nicht, denn erst 1949 findet man die Biosuturen bei GARDILCIC wieder beschrieben. Er macht Vergleichsuntersuchungen an Kaninchen und stellt seine in Alkohol sterilisierten Sehnen Seide, Haar und Katgut gegenüber. Dabei fand er eine sehr geringe Gewebsreaktion und gute Resorbierbarkeit bei ausreichender Festigkeit. Auch KETTESY (1957) und HALLERMANN (1959) ~~et~~nahmen ihren Untersuchungen der mit Jod-Alkohol sterilisierten Biosuturen ähnlich befriedigende Ergebnisse. Bei VANNAS

und LARMI (1959) und LARMI (1960) findet man sehr ausführliche Untersuchungen der mit Äthylenoxyd sterilisierten Sehnen. Beide finden diese in ihren mechanischen Eigenschaften Seide und Katgut ebenbürtig, die von ihnen hervorgerufenen Gewebsreaktionen jedoch wesentlich geringer. LARMI stellt im einzelnen folgendes fest: in den ersten zwei Tagen tritt eine mäßige polymorphzellige Leukozyteninfiltration um den Faden auf. Nach fünf Tagen erscheinen Fibroblasten. Zehn Tage nach der Operation sind die Leukozyten wieder weitgehend verschwunden und die ersten Makrophagen treten auf. Die Fibroblasten beginnen jetzt in die Sehne einzuwachsen. Nach zwanzig Tagen sind zahlreiche Fibroblasten zu sehen, die von allen Seiten in die Sehne eindringen. Epithel kann bis zum zehnten Tag in den Stichkanal einwachsen, weicht aber gewöhnlich bis zum zwanzigsten Tag wieder deutlich zurück. Bis zum fünften Tag blieben alle Biosuturen intakt und zerbrachen dann zum größten Teil bis zum zwanzigsten Tag in zahlreiche Stücke, obwohl sich die endgültige Resorption im Einzelfall auf recht verschiedene Zeiträume erstreckt. HALLERMANN (1961) berichtet über seine Erfahrungen mit Biosuturen bei Keratoplastiken. Er stellt fest, daß dieses Material "völlig reaktionslos" ertragen wird. Abweichend von LARMI (1959) kann VÖRÖSMARTHY (1963) bei Kataraktoperationen mit Biosuturen keine Fibroblasenproliferationen in der Tiefe der Nähte finden. In den folgenden Jahren berichten zahlreiche Autoren über gute Erfahrungen mit Biosuturen (MORKHAT 1963, PUTCHKOVSKAYA 1963, HALLERMANN 1963, TRAUTMANN 1964). Durch die Gefriertrockung scheint dann

TAYLOR et al. (1963) ein weiterer Fortschritt in Bezug auf bessere Gewebsverträglichkeit gelungen zu sein, denn sie berichten über eine noch geringere Gewebsreaktion im Vergleich mit herkömmlich behandelten Sehnen. Außerdem seien die gefriergetrockneten Biosuturen zugfester.

Trotz der an ihnen gelobten Vorteile haben sich die Rattenschwanzsehnen bis heute nicht allgemein durchsetzen können, da die Dicke der einzelnen Sehnen ungleich ist, die Resorptionseigenschaften nicht konstant sind, und die Möglichkeit einer Allergieentwicklung, die ROTHBARD et al. (1956) untersucht haben, besteht.

c. Kollagene Ersatzfäden

Wegen der aufwendigen Sterilisationsverfahren, die das Katgut erfordert und um unabhängig von den manchmal schwer zu beschaffenden Schafdärmen zu sein, wurden zahlreiche Versuche unternommen, resorbierbare Ersatzfäden herzustellen.

Carnofil sind Fäden aus dem Muskelfleisch von Pferden. Wegen seiner geringen Zugfestigkeit konnte sich dieses Material nicht durchsetzen. Anders verhält es sich mit Collafil. Diese Fäden werden aus den Beugesehnen von Rindern hergestellt. Die Sehnen werden steril entnommen, mechanisch zerkleinert und unter Zusatz von organischen Säuren homogenisiert. Dieser Brei wird getrocknet und dann zu Fäden weiterverarbeitet oder, ähnlich wie Kunststoffe, zu Fäden ausgezogen. Zur Verzögerung der Resorption kann Collafil auch mit Chromsalzen gegerbt werden. Um ein möglichst homogenes Ausgangsmaterial zu erhalten, werden die Sehnen vieler Rinder verarbeitet und miteinander vermischt. Durch dieses Vorgehen wird zugleich der Antigencharakter abgeschwächt (HUDEMANN 1959, Mc PHERSON 1965). Die Zugfestigkeit der Fäden soll bis zu 40 % größer sein als die von Katgut (BRAUN 1950).

Mc PHERSON berichtet über gute Erfahrungen mit Kollagenfäden bei 150 Staroperationen. Er hebt die geringere Gewebsreaktionen und die Seltenheit von Komplikationen im Vergleich mit Katgut hervor.

2. Nicht resorbierbares Nahtmaterial

a. Naturstoffe

aa. Seide

Chirurgische Nahtseide wird aus den Kokonfäden der Seidenraupe gesponnen oder geflochten. Die Grundsubstanz der Seidenfaser ist ein Polypeptid, hauptsächlich aus vier Aminosäuren (Glycin, Alanin, Tyrosin und Serin). Dickere Fäden werden wie zur Textilherstellung angefertigt. Um sie geschmeidiger zu machen und um die Saugfähigkeit herabzusetzen, werden sie oberflächlich gewachst oder silikonisiert. Besteht ein Faden nur aus wenigen Fasern, so können die natürlichen Leimsubstanzen an ihm belassen werden, so daß die Einzelfäden von selbst aneinander haften. Diese Fäden scheinen (nach BARRAQUER 1957 und 1964) besondere biologische Eigenschaften zu haben und werden "virgin-silk" genannt.

Seidenfäden können im Autoklaven sterilisiert werden und kommen in Trockenpackungen in den Handel.

Die Stärke der Seidenfäden wird wie die von Katgut mit 8/0 bis 7 bezeichnet. Bei sehr feinen Fäden, die nur aus einigen Fasern bestehen, wird auch die Anzahl der Fasern statt der Fadenstärke angegeben. Nach der amerikanischen Normvorschrift entspricht dabei die siebenfädige Seide der Stärke 7/0 und die siebzehnfädige der Stärke 6/0. Die Angaben über physikalische Eigenschaften stammen von HUDEMANN (1959) und aus Firmenmessungen, sie sind in der Tabelle II zusammengestellt worden.

Tabelle II

Seide für die Ophthalmochirurgie

Firma bzw. Messung	Durchmesser (μ)	Reißkraft (p) lin.	Reißkraft (p) i.Kn.	Bruchdehnung (%) lin.	Bruchdehnung (%) i.Kn.
Braun Melsungen	130 bis 180	742	537	13,6	7,7
Ruhland Neustadt a.d. Don.	160		500		7,0
Barraquer-(Oertli-)Seide	60	60	20-30	8-12 %	
Hudemann: Normwert f. Deutschland	4/0=170 bis 229 6/0= 60 bis 109	600 100	360 90		

Schon seit dem Altertum wird Seide in der allgemeinen Chirurgie verwendet (GALEN 150 n.Chr. nach ARRINGTON 1959). Dem Urteil HALSTEDs (1913), der bei einer vergleichenden Untersuchung von Seide und Katgut die Seide als weitaus geeigneter für chirurgische Zwecke bezeichnet, schlossen sich in der Folge zahlreiche Autoren an (HOWES und HARVEY 1930 und 1933); SHAMBAUGH und DUNPHY 1937; MEADE und OCHSNER

1940; HOWES 1933). Die Vorteile von Seide gegenüber Katgut lassen sich nach diesen Autoren folgendermaßen zusammenfassen:

1. Größere und zuverlässigere Zugfestigkeit
2. Bessere und zuverlässigere Sterilisierbarkeit
3. Die Möglichkeit dünnere und besser zu handhabende Fäden herzustellen
4. Geringe und voraussehbare Gewebsreaktionen.

MEADE und OCHSNER stellen der "nassen" Heilung bei Katgut die "trockene" Heilung bei Seide gegenüber und beschreiben sie folgendermaßen: Während der ersten zwei Tage tritt eine mäßige polymorphzellige Reaktion auf, dann folgen Rund- und Plasmazellen. Später beginnt die Fibroblastenproliferation mit Abkapselung des Fadens, die gegen den achten Tag sichtbar wird und nach etwa zwei Wochen in einer dünnen fibrösen Kapsel besteht, die nur noch sehr geringe zellige Infiltration aufweist. Den Verlust an Zugfestigkeit beschreiben sie mit 20 % nach vier Tagen und 50 %nach einer Woche. Diesen unter den Bedingungen der allgemeinen Chirurgie angestellten Untersuchungen stellt DUNNINGTON (1951) seine am vorderen Augenabschnitt gemachten Beobachtungen gegenüber. Er beschreibt vor allem Nachteile der Seide:

1. Epitheleinsprossung entlang des Fadens. Nach zwei bis drei Tagen sah er zum Teil den ganzen Faden von Epithel umgeben (ebenso auch BERLINER 1951).
2. Stetige Zunahme der polymorphkernigen Infiltration nach der ersten Woche bis zur Bildung einer Nekrosezone um

den Faden nach der dritten Woche. Hierin sieht er die Notwendigkeit, den Faden nach etwa 10 Tagen zu ziehen.

3. Die Fibroblastenproliferation wird durch die Nekrosezone in Fadennähe verhindert, so daß sich ein Granulationsgewebe bildet, das zu Vorderkammerblutungen führen kann. Fistelbildungen und Einwanderung von Infektionen seien ebenfalls begünstigt.

Um die Gewebsreaktion möglichst klein zu halten, aber auch im Zusammenhang mit der Verfeinerung der Operationstechnik, wurden in der Folgezeit vor allem von JOSÉ BARRAQUER (1964) immer feinere Fäden entwickelt. Er berichtet sogar über gute Erfahrungen mit "virgin-silk"-Fäden aus zwei Fasern. Bei zwei- bzw. siebenfasrigen Fäden sei die Gewebsreaktion so gering, daß er bei Staroperationen die Nähte unter der konjunktivalen Deckung liegen lasse, ohne daß es zu dauernden Reizzuständen komme. Auch in der Hornhautchirurgie könne man die Fäden über lange Zeit bis zur endgültigen Wundfestigung liegen lassen. Während DUNNINGTON (1952) in seinen Untersuchungen die Epitheleinsprossung ausschließlich bei Seide gefunden hatte, und sie als einen Hauptnachteil ansah, haben spätere Veröffentlichungen (KARA 1953, Mc PHERSON 1961 und FECHNER 1965) gezeigt, daß sie bei anderen Nahtmaterialien z.B. Katgut ebenfalls, wenn auch in geringerem Maße, zu finden sind. Die Diskussion über Gewebsreaktionen und Komplikationshäufigkeit bei Katgut und Seide in der Kataraktchirurgie ist noch nicht

abgeschlossen (AICHMAIR 1963). Wegen der Möglichkeit, feinere Fäden herzustellen, und wegen der besseren Fadenschmiegsamkeit wird in der Mikro- und Hornhautchirurgie Seide allgemein dem Katgut vorgezogen.

ab. Haar

In der Augenchirurgie werden menschliche Haare als Nahtmaterial schon längere Zeit verwendet, nachdem sie wohl in der allgemeinen Chirurgie bei Nervennähten und bei kosmetischen Operationen zuerst angewendet wurden (HUDEMANN 1959). Am besten scheinen sich für diesen Zweck die Haare von jungen, dunkelhaaringen Frauen zu eignen. Allerdings läßt die Zugfestigkeit stark nach, wenn die Haare vorher gefärbt oder mit Dauerwellen behandelt worden sind (RIZZUTI 1965).

Haare können im Autoklaven bei 130 °C und 10 atü in 3 Minuten oder durch Kochen in 15 Minuten sterilisiert werden. Anschließend werden sie in 70 %-igem Alkohol aufbewahrt (RIZZUTI 1965).

Die Dicke von Haaren entspricht etwa der Stärke 6/0 des übrigen Nahtmaterials.

Zuerst dürften Haare als Nahtmaterial wohl bei der Kataraktoperation verwendet worden sein. So beschreibt LINDNER (1938) eine Operationsmethode, bei der er japanisches oder indianisches Frauenhaar verwendete. Diese Haare hält er deshalb für besonders geeignet, weil sie dicker und zugfester als europäische sind. Bei Tierversuchen fand GARDILCIC (1949) eine gute Gewebsverträglichkeit von Frauenhaaren. In den ersten 1 bis 2 Wochen bilde sich um sie eine mäßige Infiltration aus, die aber schnell zurückgehe, wonach das Haar dann reaktionslos im Gewebe liege. Auf Grund

klinischer Beobachtungen berichtet CUSTODIS (1956) von guten Erfahrungen mit Haaren. Er hatte vorübergehend Perlonfäden verwendet und dabei gehäuft Komplikationen beobachtet, mit Haarnähten dagegen in einem weit geringeren Prozentsatz. In einem gewissen Widerspruch dazu stehen die Untersuchungsergebnisse TRAUTMANNs (1963), die nach Tierversuchen Haare und Perlon in Bezug auf die geringe Gewebsreaktion etwa gleichsetzt. Auch LAMB (1957) beobachtete eine sehr geringe Reaktion, und HAMES und Mc LEOD (1961) stellten bei Versuchen mit jungen Mäusen nur in den ersten 24 Stunden eine mäßige entzündliche Reaktion fest, die bis zum dritten Tag fast völlig verschwunden war. Nach diesen Autoren rufen Haare von allen Nahtmaterialien die geringste Gewebsreaktion hervor. Nach HUDEMANN (1959) soll eine langsame Resorption beobachtet worden sein. Diese Beobachtung wurde allerdings von keinem der anderen Autoren bestätigt. Trotz dieser sehr günstigen biologischen Eigenschaften wird Haar als Nahtmaterial wohl nicht allgemein verwendet, weil die mechanischen Eigenschaften, je nach Herkunft, recht verschieden sind und weil auch die Zugfestigkeit nicht so groß ist wie die der anderen Materialien.

ac. Baumwolle und andere pflanzliche Fasern

Baumwolle besteht aus fast reiner Zellulose. Für chirurgische Fäden wird vor allem die langstaplige ägyptische Baumwolle verarbeitet. Die Fäden sind gezwirnt und nicht, wie bei Seide oder Kunstfasern, geflochten. Da Baumwollfäden zur Textilherstellung mit zahlreichen Substanzen versetzt werden, die Gewebsirritation hervorrufen können, dürfen für chirurgische Zwecke nur hierfür besonders hergestellte Fäden benutzt werden. Unter allen chirurgischen Nahtmaterialien hat Baumwolle die geringste Zugfestigkeit, obwohl diese beim Befeuchten um etwa 10 % zunimmt. Die Haltbarkeit der Knoten dagegen ist sehr gut. In der chirurgischen Praxis fällt auf, daß der nasse Faden völlig unelastisch ist und die Neigung hat, überall festzukleben, was die Nahttechnik erschwert und eine Quelle für Sekundärinfektionen sein kann (RIZZUTI 1965). Der Faden kann im Autoklaven sterilisiert und in Trockenpackungen aufbewahrt werden. Die Stärkebezeichungen richten sich nach den Normen für nicht resorbierbares Nahtmaterial.

Die ersten Versuche zur Verwendung von Baumwolle als Nahtmaterial wurden in der allgemeinen Chirurgie gemacht (MEADE und OCHSNER 1940; MEADE und LONG 1941; HYDE 1944; THOREK 1946; FLOYD und BROCKBANK 1954). Dabei fielen gute Verträglichkeit, Haltbarkeit im Gewebe und besonders gute Knotensicherheit auf. Nachdem BERENS und ROMAINE (1946) neben anderem Nahtmaterial auch Baumwolle an den Augen-

muskeln von Kaninchen erprobt hatte, verwendete sie HENDERSON (1948) auch in der Chirurgie der vorderen Augenabschnitte. Die Gewebsreaktion beschreiben diese Autoren etwa so: Nach einer leichten lymphatischen Reaktion setzt recht frühzeitig, etwa um den zwanzigsten Tag, eine Fibroblastenproliferation ein. Nach etwa vierzig Tagen wird der Faden teilweise durch fibroblastisches Gewebe ersetzt und nach sechzig Tagen ist nur noch ein schmaler Bindegewebsstrang ohne Fadenreste vorhanden. Baumwolle wird deshalb als "relativ absorbierbar" bezeichnet. HENDERSON (1948) erzeilte bei zahlreichen Augenoperationen mit Baumwolle bessere Ergenisse als mit Katgut oder Seide. Er nimmt allerdings Staroperationen dabei aus. An Baumwollfasern, die bei Operationen zufällig in die vordere Augenkammer gelangten (von Watte- oder Mulltupfern), konnte BROCKHURST (1954) keine Zeichen von entzündlicher Reaktion beobachten. CRONENBERG (1958) empfiehlt Baumwollfäden für verdeckte Nähte, die nicht gezogen werden können. Baumwolle zeigt also recht gute biologische Eigenschaften, der Mangel an Zugfestigkeit und Elastizität wird aber wohl eine ausgedehntere Anwendung in der Augenchirurgie verhindern.

b. Kunststoffe

ba. Polyamide

Perlon und Nylon sind Polyamidfasern, die durch verschiedene Polykondensationsverfahren aus unterschiedlichen Ausgangsstoffen hergestellt werden. Nach dem Ziehen des Fadens wird dieser gestreckt. Dadurch wird eine Orientierung der Polyamidkristalle erreicht. Die anfängliche Bruchdehnung von 400 % wird auf 20 % herabgesetzt und damit die Elastizität stark vermindert. Für verschiedene Verwendungszwecke wird der Faden mit Präparationsstoffen (Weichmachern, Emulgatoren, Stoffen zur Verhinderung elektrostatischer Aufladung) behandelt, die zwar zum Teil wieder abgewaschen werden, aber der Grad der Verunreinigung mit ihnen ist nicht genau kontrollierbar (HUDEMANN 1959). Bei der Kondensation des Polyamids bleibt stets eine gewisse Menge von Mono- und Oligomeren zurück, diese sind wasserlöslich und können bis auf geringe Reste extrahiert werden. Da alle Verunreinigungen und Zusätze bei einem für die chirurgische Verwendung bestimmten Faden unvorhersehbare Komplikationen verursachen können, sollte der Faden aus möglichst reinem Polyamid bestehen, besonders da das Monomer Caprolactam aus Perlon toxische Eigenschaften besitzt (KARITZKY 1954, VELHAGEN 1956). Wird der Faden gefärbt, so kann dies durch Einkondensieren der Farbe in den Faden geschehen (NIEDERMEIR 1965).

Die Fäden können ohne wesentliche Veränderungen ihrer chemi-

schen und mechanischen Eigenschaften in Autoklaven sterilisiert und in Trockenpackungen aufbewahrt werden. Da Einzelfäden in jeder beliebigen Stärke hergestellt werden können, gibt es zu jeder Dicke mono- und multifile Ausführungen. Das monofile Nahtmaterial hat den Nachteil der geringen Knotensicherheit, da sich wegen der Elastizität des Fadens und wegen seiner glatten Oberfläche die Knoten leicht von selbst lösen. Andererseits ist die gute Gleitfähigkeit im Gewebe bei der Naht und bei der Fadenentfernung vorteilhaft. Multifiles Material, in dem die Einzelfäden meist geflochten sind, ist griffiger und ergibt festere Knoten. Die physikalischen Eigenschaften verschiedener Handelsformen sind in der Tabelle III (nach Firmenangaben) zusammengestellt.

Tabelle III

Polyamid-Nahtmaterial

Firma bzw. Messung	Durchmesser (µ)	Reißkraft (p) lin.	Reißkraft (p) i.Kn.	Bruchdehnung (%) lin.	Bruchdehnung (%) i.Kn.
Braun Melsungen	50	57	24	9	4
J.Pfrimmer Erlangen	40 110	50 300	130		
Ruhland Neustadt a.d.Don.	120	400		10	
Nylonfaden Augenklinik Tübingen	30	60	60	20 bis 23	

Die Polyamidfasern wurden während des Krieges für die Textilherstellung entwickelt. Ihre guten mechanischen Eigenschaften, leichte Sterilisierbarkeit und gute Gewebsverträglichkeit betonte 1947 HALBRON, der sie als erster in der Augenchirurgie anwendete. CIBIS (1947) beobachtete bei Alloplastiken in den ersten Tagen Leukozyteninfiltrationen in der Nähe des Implantats, die bis zur dritten Woche in eine fibröse Kapsel umgewandelt waren. Im Gegensatz zu späteren Untersuchern konnte er keine Riesenzellen als Fremdkörperreaktion finden. Die ersten Untersucher hatten angenommen, daß die Polyamidfasern völlig unresorbierbar seien (BEYER 1946). Bald zeigte sich jedoch, daß sie, wenn auch langsam, abgebaut werden. Zahlreiche Autoren untersuchten und beschrieben diesen Vorgang (ANSTETT 1951 und 1952, AUGUSTIN 1952, SCHULZE-BRÜGGEMANN 1953, MÜLLER 1953, MEISSNER 1953 und VELHAGEN 1956). Ihre Befunde lassen sich etwa so zusammenfassen: Nachdem die Fäden einige Wochen im Gewebe gelegen haben, treten zahlreiche Querbrüche auf, so daß sie das Aussehen von Geldrollen annehmen können (ANSTETT 1951). Gleichzeitig beginnt die Resorption, der Prozeß setzt relativ schnell ein, scheint sich dann aber immer mehr zu verlangsamen, so daß auch noch nach Jahren Polyamidstücke im Gewebe gefunden werden können. Die Resorption ist in einem zellreichen Gewebe mit der Ansammlung von Fibroblasten, Histiozyten und Riesenzellen verbunden. Erst nach längerer Zeit entsteht ein zellarmes, faserreiches Bindegewebe (VELHAGEN 1956). Nach HARRISON (1958) regt die Benetzbarkeit des

Polyamidfadens diese Fremdkörperreaktion und die nachfolgende Resorption an. Nachdem diese langsame Resorption des Fadens bekannt wurde, stellte KARITZKY (1954) Überlegungen an, wie weit die dabei freiwerdenden Abbauprodunkte und Monomeren toxisch wirken könnten. Spätkomplikationen, über die CUSTODIS (1956), VOLKMANN (1952) und BARON (1952) berichten, wären auf diese Weise zu erklären. Da solche Komplikationen aber offenbar selten sind, müssen auch Verunreinigungen im Faden in Betracht gezogen werden (VOLKMANN 1952 und BARON 1952).

Die sehr geringe Gewebsreaktion feiner Polyamidfasern führte in der Augenchirurgie zur Entwicklung von Operationstechniken, bei denen der Faden entweder dauernd liegen gelassen wird, wie etwa bei der Staroperation oder eine lange Zeit, wie bis zur endgültigen Einheilung des Transplantates bei einer Keratoplastik (HARMS). Die dabei entstehenden Narben in der Hornhaut sind gewöhnlich nicht ausgedehnter als allein durch den Nadelstich zu erwarten wäre (HARMS 1966). Resorptionserscheinungen in der Hornhaut wurden bisher noch nicht beschrieben.

bb. Polyester und Polyäthylene

Von den in neuerer Zeit entwickelten synthetischen Fasern wurden folgende als Nahtmaterial erprobt und verwendet:

1. Dacron, ein Polymer aus Äthylenglycol und Terephtalsäure, das unter dem Namen Mersilene von der Firma Ethicon angeboten wird.
2. Orlon (Polyacrylonitril) und
3. Teflon, ein Polymer des Tetrafluoräthylen (RIZZUTI 1965).

Alle diese Fasern sind nach den üblichen Methoden leicht und zuverlässig zu sterilisieren. Dacron und Orlon sind geflochtene, multifile Fäden, während Teflon mono- und multifil hergestellt wird. Die Zugfestigkeit ist bei allen drei Stoffen etwa um 30 % größer als bei Seide. Im nassen Zustand verliert Orlon etwa 5 bis 15 % seiner Zugfestigkeit (DETTINGER 1957), während Dacron und Teflon die ihre beibehalten.

Tabelle IV

Dacron

Firma	Durchmesser (µ)	Reißkraft (p)		Bruchdehnung (%)	
		lin.	i.Kn.	lin.	i. Kn.
Braun Melsungen	4/0=130 bis 180	942	612	20,1	6,3
Ethicon Glashütte	5/0=100 bis 150 6/0= 76 bis 100		450 230		

DETTINGER (1957) untersuchte Dacron und Orlon im Vergleich mit Seide, Baumwolle und Nylon. Nach seinen Beobachtungen zeigt Dacron die beste Gewebsverträglichkeit und bleibt gleichzeitig im Gewebe unverändert. Orlon dagegen sei in Bezug auf Gewebsverträglichkeit und Hydrolysierbarkeit etwa Nylon vergleichbar. Auch CRONENBERG (1958), HARRISON (1958), SHEPENS (1960) und LATIMER (1961) kommen bei ihren Untersuchungen zu dem Schluß, daß Dacron den Polyamidfasern an Verträglichkeit und Beständigkeit im Gewebe überlegen ist. DETTINGER (1957), SHEPENS (1960) und HARRISON (1958) führen diese günstigen Eigenschaften auf die sehr geringe Hydrolysierbarkeit von Dacron zurück. DETTINGER (1957) nimmt an, daß sich Makrophagen deshalb nicht an der Faser festsetzen und diese angreifen können. Damit stimmt auch die Beobachtung LATIMERS (1961) überein, daß Dacronfasern über lange Zeit ihre Festigkeit im Gewebe behalten.

Über die Gewebsverträglichkeit des Teflon wurde schon 1949 von LE VEEN berichtet. Er brachte kleine Stückchen des Stoffes in die Bauchhöhle von Hunden und stellte selbst nach siebzig Tagen noch keine Anzeichen von Entzündung, Fibroblasie oder Abkapselung fest, während er z.B. bei genauso untersuchtem Nylon nach derselben Zeitspanne Entzündungszeichen fand. Ähnlich günstige Befunde konnte HARRISON (1958) bei Versuchen mit Gefäßprothesen und POSTLEWAIDE (1959) mit 4/0 Teflonfaden erheben. Beide betonen, daß Teflon im Vergleich zu Nylon, Dacron und Orlon die geringste

Gewebsreaktion hervorrufe und auch über längere Zeit völlig unverändert im Gewebe liegen bleibe.

Eine Kombination von Dacron und Teflon wird von der Firma Deknatel unter dem Namen Tevdek angeboten. Dabei ist ein Dacronfaden mit Teflon überzogen, so daß das Teflon die Zwischenräume zwischen den geflochtenen Dacronfasern ausfüllt (RIZZUTI 1965). Der so hergestellte Faden ist zwar multifil, was seine mechanischen Eigenschaften betrifft, vermeidet aber die Nachteile dieser Fadenart, wie die Dochtwirkung und die mögliche Einwanderung von Keimen im Faden. Außerdem werden dabei die günstigen biologischen Eigenschaften des Teflon ausgenützt. Da Dacron und Teflon nach allen bisherigen Beobachtungen nahezu den Anforderungen an ein ideales nicht resorbierbares Nahtmaterial entsprechen, scheint eine nähere Untersuchung, insbesondere auf ihre Verwendbarkeit in der Augenchirurgie angezeigt.

c. Metall

Drähte als Nahtmaterial in der Chirurgie müssen korosionsfest sein. Deshalb eignen sich nur gewisse Eisenlegierungen wie V_2A-Stahl, Molybdän und Tantal für diesen Zweck. Die meisten Autoren verwenden die Drähte einzeln (BABCOCK 1934; WU u. PAI 1942 und HOFMANN 1962), während FREEMANN und FASANELLA (1955) mit Litze nähen. Eine weitere Besonderheit findet man bei HOFMANN (1962), der unter anderem auch mit versilberten und vergoldeten Molybdändrähten näht, da er bei diesen eine glattere Oberfläche feststellte.

Sämtliche Drähte können leicht im Autoklaven sterilisiert werden.

Die Dicke der von FASANELLA und FREEMAN (1955) verwendeten Litze entspricht der Stärke 6/0 bei Katgut, während der von HOFMANN (1962) beschriebene Molybdändraht 26 und 40 μ Durchmesser hat.

Wegen der sehr geringen Gewebsreaktion, die rostfreier Stahl hervorruft, wandte BABCOCK (1934) erstmals dünne Stahldrähte bei Nähten in der allgemeinen Chirurgie an. Er beobachtete eine schnellere Wundheilung, vor allem auch bei infizierten Wunden. Die gleichen Ergenisse erzielten auch WU u. PAI (1942) bei Tierversuchen. Sehr eingehende Untersuchungen an Kaninchen über die Eignung von Drähten in der Augenchirurgie stellten FREEMAN und FASANELLA (1955) an. Obwohl sie Schwierigkeiten beim Knüpfen der von ihnen verwendeten Litze hatten, hielten sie ihr Nahtmaterial für

sehr günstig, vor allem wegen der geringen Gewebsreaktion. Bei einem Beobachtunszeitraum von zwei Jahren, in dem die Drähte im Gewebe liegenbleiben, konnten sie nur in den ersten Tage eine geringe Rundzell- und Fibroblasteninfiltration in der Nähe der Nähte feststellen. HOFMANN (1962) machte mit vergoldetem 26 µ dickem Molybdändraht im Tierversuch und am menschlingen Auge ähnlich gute Erfahrungen. Er stellte eine geringere Gewebsreaktion als bei Seide und Katgut fest. Bei ähnlich guten Erfahrungen in Bezug auf die biologischen Eigenschaften der Drähte berichtet jedoch RIZZUTI (1965) von Schwierigkeiten beim Entfernen der Nähte.

Obwohl die Gewebsverträglichkeit von Metalldrähten nach Meinung aller Untersucher besser ist als die der übrigen Nahtmaterialien, bereiten ihre mechanischen Eigenschaften einige Schwierigkeiten in der Augenchirurgie, die einer allgemeinen Anwendung wohl im Wege stehen dürften.

C. Die Erprobung im Tierexperiment

I. Techniken für experimentelle Untersuchungen von Nahtmaterial

Sollen die Eigenschaften eines Nahtmaterials im Versuch erprobt werden, so muß die Versuchssituation Operationssituationen weitgehend entsprechen. Für die Nahtlokalisation gibt es drei grundsätzliche Möglichkeiten: Eine Naht kann in der Konjunktiva, Sklera oder Kornea gelegt werden. Entsprechend der verschiedenen biologischen Eigenschaften dieser drei Gewebe wird man unterschiedliche Gewebsreaktionen erwarten können. Natürlich kommt im allgemeinen bei einer Operation ein Faden kaum ausschließlich in einem dieser drei Gewebe zu liegen. Für die Versuchsanordnung dürfte es jedoch sinnvoll sein, dies anzustreben, um die Gewebsreaktion einfacher und eindeutiger beobachten zu können.

Die Kornea liegt als gefäßfreie Gewebsplatte in der Mitte von durchblutetem Gewebe und wird durch dieses vom Rande her ernährt. Daher ist die Reaktion auf Fremdkörperreize am Rande zwar nicht grundsätzlich anders als im Zentrum, jedoch zeigt der zeitliche Ablauf deutliche Unterschiede. Deshalb ist es nötig, in einer Versuchsreihe den Faden möglichst immer an derselben Stelle zu legen und nur solche Versuchsreihen zu vergleichen bei denen der Faden ähnlich lokalisiert ist (Mc PHERSON 1961).

Außer der unterschiedlichen Fadenlokalisation gibt es in der

Chirurgie zahlreiche Naht- und Knüpftechniken. Man unterscheidet zwischen der offenen Naht, bei der der Knoten um die Fadenenden über die Oberfläche des Gewebes herausragen, und der gedeckten Naht, wo der Faden z.B. mit einem darübergenähten Konjunktivalappen bedeckt wird. Bei der offenen Naht besteht leicht die Möglichkeit, daß Mikroorganismen oder auch Epithel in den Stichkanal einwandern und dort Reaktionen hervorrufen, die mit dem Nahtmaterial selbst nicht in Beziehung stehen. Bei der gedeckten Naht besteht bei sauberem Vorgehen diese Möglichkeit nicht, jedoch können die Fadenenden nach einiger Zeit durch die bedeckende Konjunktiva hindurchspießen (CUSTODIS 1956; TRAUTMANN 1963). Dadurch ist dann der gewünschte Schutz nicht mehr vorhanden, und es treten zudem noch Reizerscheinungen an der Konjunktiva auf. Bei der Naht an der Kornea kann man außerdem den Faden innerhalb der Kornea führen, so daß dieser an keiner Stelle in die Vorderkammer hineinragt, also nicht perforiert. Dabei wird dann die Möglichkeit des Eindringens von Epithel oder Mikroorganismen in die Vorderkammer ausgeschlossen. Bei der perforierenden Naht dagegen sind diese Möglichkeiten gegeben. Zudem wird die Descemetsche Membran durchbrochen und ein Fremdkörper - der Faden - in die Vorderkammer eingebracht. Bei den bisher besprochenen Möglichkeiten, einen Faden zu legen, sind wir von der Voraussetzung ausgegangen, daß dieser Faden nach Art der chirurgischen Knopfnaht an der Oberfläche geknüpft wird. Dadurch wird natürlich ein Druck auf das vom

Faden umschlossene Gewebe ausgeübt, der zu Schädigungen bis zur Drucknekrose führen kann (VOLKMANN 1952). Die dadurch hervorgerufene Gewebsreaktion ist aber nicht von dem Fadenmaterial abhängig, sondern von der allfällig verschiedenen Kraft, mit der der Knoten angezogen wurde.

Wo es aber darum geht, ausschließlich die biologischen Fremdkörpereigenschaften eines Nahtmaterials zu erproben, sollen Einflüsse anderer Herkunft möglichst vermieden werden. Dies kann durch die Fadenimplantation geschehen. Hierbei wird ein Fadenstückchen möglichst schonend in das zu untersuchende Gewebe eingebracht. Dabei ist es aber sehr wichtig, daß dieser Faden nirgends über die Oberfläche hinausragt, damit die Nachteile der offenen Naht vermieden werden. Am einfachsten scheint es zu sein, dabei vorzugehen wie GARDILCC (1949). Er empfiehlt, den Faden mit einer Nadel durch das Gewebe zu ziehen, und zwar so weit, daß das eine Fadenende etwa zwei mm in den Stichkanal gezogen wird, ihn dann abzuschneiden und das abgeschnittene Ende wieder etwa einen mm in den Stichkanal zurückzuschieben. Hierdrch wird also erreicht, daß der ganze Faden im Stichkanal liegt. Obwohl dabei die beiden Stichkanalenden sehr schnell von Epithel bedeckt und ausgefüllt sind, ist die Möglichkeit des Einwanderns von Mikroorganismen doch nicht ganz ausgeschlossen. Deshalb kann man zusätzlich diese Stellen mit darübergenähter Konjunktiva abdecken.

II. Entwurf für eine zukünftige experimentelle Bearbeitung des Problems

Versuchstiere: Fast alle Autoren verwenden bei ihren Untersuchungen über Nahtmaterial Kaninchen als Versuchstiere. Da die Tiere verhältnismäßig große Augen haben, scheinen sie für Arbeiten im Bereich der Ophthalmologie besonders geeignet zu sein. Grundsätzliche Überlegungen, ob die am Kaninchen erzielten Ergebnisse auf den Menschen übertragen werden können, wurden dabei kaum angestellt. LARMI (1960) stellt an Hand einer umfangreichen Literaturübersicht fest, daß alle Autoren Kaninchen verwenden, sie also offenbar für recht brauchbar halten. Eine Ausnahme bilde DUNNINGTON, der manchmal neben Kaninchen auch mit Rhesusaffen arbeitete. STOCKER (1953) stellt dagegen fest, daß Kaninchen für die Untersuchung von Wundheilungsvorgängen am Auge nicht ideal seien, da bei ihnen Regenerationsvorgänge schneller abliefen als beim Menschen. Zum gleichen Ergebnis kommt auch MADSEN (1953) bei Untersuchungen in der allgemeinen Chirurgie. Als einziger Autor lehnt NIEDERMEIER (1965) die Kaninchen als ungeeignet ab. Er habe kleine Stückchen Nahtmaterial in die Vorderkammer von einigen Affen und Kaninchen gebracht und ein verschiedenes Verhalten beobachtet. Daraus schließt er, daß nur Affen zur Untersuchung der Verträglichkeit von Nahtmateril geeignet seien. Mit dieser Meinung scheint der Autor bis jetzt noch allein zu stehen. Selbst wenn Beobachtungen am Kaninchenauge nicht in allen

Einzelheiten mit denen am Affenauge übereinstimmen, so ist daraus nicht zu schließen, daß das Affenauge sich ebenso verhält wie das menschliche Auge.

In der langen Reihe von Versuchen mit Kaninchen ist bis jetzt noch keine grundsätzlich andersartige Reaktion auf Nahtmaterial gefunden worden als beim Menschen, so daß kein Anlaß besteht, die Kaninchen durch andere Versuchstiere zu ersetzen, zumal dann die mit jenen erzielten Ergebnisse nur noch sehr bedingt mit früheren Untersuchungen vergleichbar wären.

Damit die Ergebnisse, die an verschiedenen Einzeltieren erzielt wurden, verglichen werden können, sollten folgende Punkte beachtet werden. Die Kaninchen sollten möglichst gleichaltrig sein, sich in gleichem Ernährungs- und Allgemeinzustand befinden, etwa gleiches Gewicht haben, von der gleichen Rasse sein und während des Versuches gleich gefüttert und gehalten werden.

Operation: Zur Narkose wird Nembutal oder Pernokton 33 mg/kg in die große Ohrvene injiziert, während das Kaninchen noch im Transportkasten sitzt. Legt man den Kasten dann auf die Seite, so kann man das Kaninchen so bequem in die für die Operation günstige Lage bringen.
Vorbereitung: Um zu vermeiden, daß das Operationsfeld durch Haare oder Wimpern nach dem Abdecken wieder unsteril wird, werden diese in der Umgebung des Lidrandes mit einer Schere kurz abgeschnitten. Das Operationsfeld wird steril abgedeckt.

Dann wird ein Lidsperrer eingesetzt. Zur Desinfektion wird Zephirollösung auf das Auge und in den Konjunktivalsack gebracht.

Fadenimplantation: Das Instrumentarium entspricht dem für Korneaoperationen beim Menschen. An einem Auge wird der zu untersuchende Faden etwa 1 mm oberhalb des Scheitels der Kornea mit einem etwa 4 bis 6 mm langen Stich waagrecht von temporal nach nasal streng intracorneal in die Kornea eingezogen. Abb. 1 Der Faden wir dann weitergezogen, bis das Fadenende etwa 2 mm innerhalb des Stichkanales liegt. Dann wird er dicht am anderen Ende des Kanals abgeschnitten Abb. 2 und wieder etwa 1 mm zurückgeschoben. Abb. 3 Dadurch soll erreicht werden, daß der Faden an keiner Seite über die Hornhautoberfläche inausragt. Mechanische Reizung des Fadenbettes durch Lidschlag oder Augenbewegungen und das Einwandern von Keimen entlang des Fadens können so vermieden werden. Sollte sich der Faden nicht zurückschieben lassen, so muß versucht werden, ihn durch eine Querincision über ein Ende des Stichkanals in diesem abzuschneiden,um so die sichere Einbettung zu erreichen. Abb. 4 Ist die Implantation des Fadens gelungen, so wird als Leerversuch mit der Nadel ohne Faden etwas unterhalb des eingebetteten Fadens ein Stichkanal gleicher Länge und Richtung gezogen. Dadurch kann bei einer Reaktion unterschieden werden, ob diese auf die Verletzung oder auf das Nahtmaterial zu beziehen ist. Um topographische Unterschiede der Reaktion der Kornea auf Nahtmaterial zu untersuchen, könnte es zweckmäßig sein, die Fäden

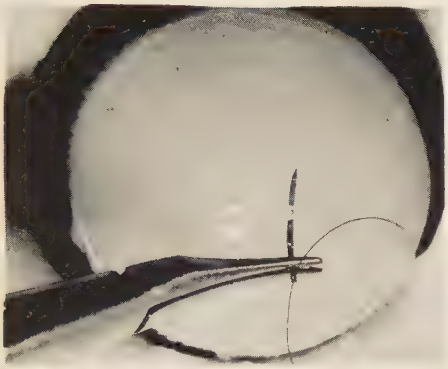

Abb. 1

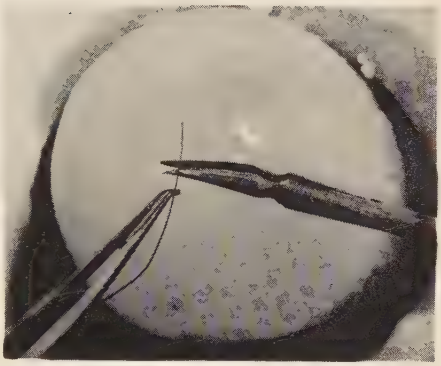

Abb. 2

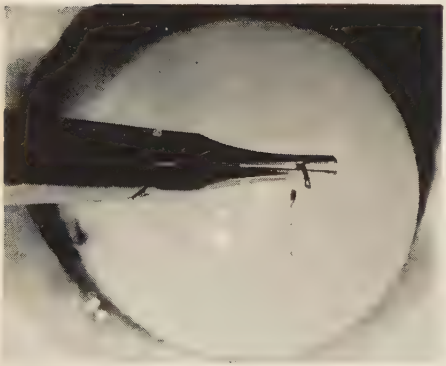

Abb. 3

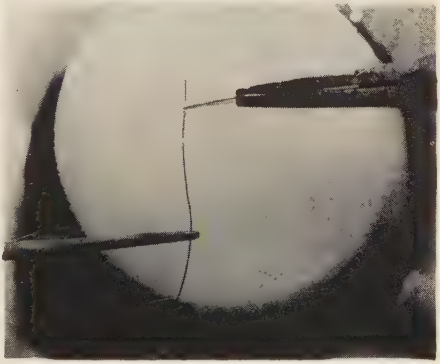

Abb. 4

nach dem oben beschriebenen Vorgehen radiär einzuziehen.

Zur Vermeidung einer Stallinfektion können die Ein- und Ausstichstellen mit Bindehaut oder Nickhaut temporär gedeckt werden. Auch die Lider können miteinander vernäht werden. Vorher wird ein Desinfiziens oder ein Antibiotikum in den Konjunktivalsack eingebracht. Die Nähte dieser Deckung werden nach einigen Tagen wieder entfernt, da dann die Mündungen der Stichkanäle zuverlässig mit Epithel überzogen sind.
Nachbehandlung: In den Tagen nach der Operation müssen die Kaninchen sorgfältig überwacht werden. Vor allem ist jede Beunruhigung der Tiere zu vermeiden.

Auf die beschriebene Weise werden für jedes Nahtmaterial und für jede histologische Bearbeitung 2 bis 3 Kaninchen behandelt. Um sich ein möglichst lückenloses Bild der Vorgänge während der Einheilung des Fadens machen zu können, sollten am 1., 3., 6., 14., 21. und 42. Tag nach der Operation jeweils 2 bis 3 Kaninchen getötet und ihre Hornhäute histologisch untersucht werden. Daraus ergibt sich ein Tierbedarf von etwa 30 Kaninchen für jedes untersuchte Nahtmaterial.

Bis zu einer Woche, nachdem die Bindehautdeckung gelöst ist, sollten die Kaninchen täglich mit der Spaltlampe auf makroskopisch sichtbare Veränderungen im Bereich der Fadenimplantation untersucht werden.

D. Zusammenfassung

Eine kurze geschichtliche Betrachtung der operativen Augenheilkunde zeigt, daß abgesehen von einer sporadischen Anwendung von Nahtmaterial bei Eingriffen am Auge in früheren Zeiten Nähte in der Ophthalmochirurgie erst etwa um das Jahr 1930 regelmäßig angewandt werden.

Bei einer Beschreibung der Wundheilung am Auge ist wegen der verschiedenartigen morphologischen Verhältnisse von Cornea, Conjunktiva und Sklera eine getrennte Betrachtung dieser drei Gewebsbezirke notwendig. Vor allem die gefäßlose Cornea läßt einen Vergleich der Wundheilungs- und Resorptionsvorgänge mit anderen Geweben nur bedingt zu.

Gründe für die Notwendigkeit einer Naht zum Wundverschluß ergeben sich vor allem aus einer schnellen Wundabdichtung, der Sicherung gegen Wunddehiszenzen in der ersten postoperativen Zeit und der Möglichkeit, die Wundränder mit Hilfe der Naht exakt zu adaptieren.

Am häufigsten wird von den resorbierbaren Nahtmaterialien wohl das Katgut angewendet. Der Gebrauch im Bereich der Conjunktiva scheint in den meisten Fällen vorteilhaft zu sein und wenig Komplikationen zu bedingen. Bei der Anwendung in der Cornea geht die Meinung der Untersucher stark auseinander. Einige Autoren berichten über schwere Komplikationen, andere sind der Meinung, daß das Catgut in der Hornhautchirurgie i.a. zu unhandlich sei.

Bei den Rattenschwanzsehnen ergibt sich ein ähnlich uneinheitliches Bild der Beurteilung. Als Vorteile werden eine besonders gute Gewebsverträglichkeit hervorgehoben, während die Nachteile in der ungleichen Dicke der Sehnen und den uneinheitlichen Resorptionseigenschaften gesehen werden. Daneben ist noch die Möglichkeit einer Allergieentwicklung gegeben. Die sog. collagenen Ersatzfäden konnten sich bis jetzt nicht durchsetzen, obwohl ihnen von manchen Autoren gegenüber dem Katgut überlegene Eigenschaften nachgesagt werden.

Von den nichtresorbierbaren Nahtmaterialien hat die Seide seit jeher eine bevorzugte Anwendung in der Ophthalmochirurgie gefunden. Die Möglichkeit, besonders feine Fäden herzustellen, und die gute Schmiegsamkeit erwiesen sich als besonders vorteilhaft in der Hornhautchirurgie. Nachteile, wie die Epitheleinsprossung entlang des Fadens, die anfänglich nur bei Seide beobachtet worden waren, zeigten sich später auch bei anderen Nahtmaterialien.

Trotz günstiger Verträglichkeit und geringer Neigung zu Komplikationen steht der allgemeinen Verwendung von Haaren als Nahtmaterial die Ungleichheit der mechanischen Eigenschaften sowie die geringere Zugfestigkeit gegenüber anderen Materialien entgegen.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Baumwolle und Fäden aus anderen pflanzlichen Fasern, die bei guter Verträglichkeit

vor allem wegen ihrer schlechten Zugfestigkeit und Elastizität abgelehnt werden.

In neuerer Zeit werden sehr viel Polyamidfäden verwendet, die eine gute Gewebsverträglichkeit bei gleichzeitigen guten mechanischen Eigenschaften aufweisen. Resorptionserscheinungen wurden bisher in der Cornea im Gegensatz zu anderen Geweben nicht beobachtet.

Über die Verträglichkeit von neueren Kunststoffasern aus den Stoffgruppen der Polyester und Polyaethylene liegen ähnlich günstige Berichte vor. Besonders das Polyaethylen "Teflon" scheint die Polyamide an Gewebsverträglichkeit noch zu übertreffen.

Versuche, Metalldrähte in der Augenchirurgie zu verwenden, scheiterten an den ungünstigen mechanischen Eigenschaften dieser Drähte, obwohl die biologischen Eigenschaften nahezu ideal sind.

Eine Erprobung aller obengenannten Nahtmaterialien unter einheitlichen Versuchsbedingungen steht bisher noch aus. Es wird der Vorschlag einer solchen Versuchsreihe gemacht.

E. Literaturverzeichnis

Aichmair, H. ... Vergleichende Studie über das Verhalten des Nahtmaterials bei Staroperationen Klin.Mbl.Augenhk.Stuttgart 143,176,1963

Alger L.J. ... Use of Absorbable Corneoskleral Sutures in Cateract Surgery Arch.Ophth.(Chicago) 38,665,1947

Anstett,F.D. ... Die Polyamidplombe und die mit Polyamidplombe kombinierte Kleinstplastik Tbk.Arzt, Stuttgart 6.Jg.215, 1952

Apt,L.,Costenbader, F.D.,Parks,M.M., Albert,D.G. ... Catgut Allergy in Eye Muscle Surgery I.Correlation of Eye Reaction and Skin Test Using Plain Catgut A.M.A.Arch.Ophth. 63, 30, 1960

----- ... Catgut Allergy in Eye Muskle Surgery II.Correlation and Comparision of Eye Reaction and Skin Test after the Use of Plain Chromisized Catgut Arch.Ophth.(Chicago) 65, 474, 1961

Arrington,G.E.jr ... A History of Ophthalmology New York: MD Publications Inc.1959

Augustin,E. ... Beitrag zum Verhalten von Supramid als Nahtmaterial im Gewebe Dtsch.med.Wschr. 77, 503, 1952$_{I}$

Babcock, W.W. ... Ligatures and Sutures of Alloy Steel Wires.J.Amer.Med.Ass.102, 1756, 1934

Baron, H. ... Fisteleiterung nach Perlonnaht Zbl.Chir. 771, 1024, 1952

Bader, A. ... Entwicklung der Augenheilkunde im 18. und 19. Jahrhundert Basel: Benno Schwabe u. Co. 1959

Barranquer Moner, J.I. ... Subconjunctival Suture in Cataract Operation A.M.A.Arch.Ophth. 57, 815, 1957

Barranquer,J., Trautmann,R.C., Ruttlan,J. ... Surgery of the Anterior Segment of the Eye
New York:Mc Graw-Hill Book Company 1964

Berens,C., Romaine, H.H. ... A Comparative Study of Sutures Employed in Surgery of the Extraocular Muskels
Amer.J.Ophth. 29, 1126, 1946

Berens, C. Carter, G.Z., Breakey,A.S.... Breaded White Nylon Sutures for Muskel Operations, Skleral Resections, Evisceration and Plastic Surgery
Amer.J.Ophth. 42, 611, 1956

Berliner, M. ... Epithelial Downgroth into the Anterior Chamber
Amer.J.Ophth. 34, 899, 1951

Beyer, G. ... Biologische Untersuchungen über chirurgisches Nahtmaterial
Zbl.Chir. 12a, 1452, 1947

Braun,B., Braun,E. Nieder E. ... Collafil - Neue Möglichkeiten der Herstellung eines resorbierbaren Nahtmaterials von absoluter Sterilität.
Zbl.Chir. 75, 730-741 (1950)

Brokhurst, R.J. ... Cotton Fibrills in the Anterior Chamber after Surgery
Arch.Ophth.(Chicago) 52, 121, 1954

Cibis,P.,Klimmig,J... Alloplastiken in der Augenheilkunde mit Supramid
Klin.Mbl.Augenhk.Stuttgart 112,75,1947

Cronenberg,B. ... Recent Advances at Ocular Sutures
Amer.J.Ophth. 46, 49, 1958

Custodis, E. ... Eine Häufung von schweren intraocularen Entzündungen nach Staroperationen
Ber.dtsch.ophthal.Ges. 60, 146, 1956

Czermak, W. ... Über die Extraktion der Katarakt ohne Iridektomie mit Naht der Wunde
Wiener Klin.Wochenschr.29-30,(1888)

Davis, F.A. ... Catgut Sutures in Operation for Cataracts
Arch.Ophth.(Chicago) 31, 321, 1941

Dettinger, G.B., Bowers, W.F. ... Tissue Response to Orlon and Dacron Sutures
Surgery,S.Louis, 42, 325, 1957

Duke-Elder ... System of Ophthalmology.Vol.VIII Diseases of the Outer Eye
London: Henry Kimpton 1965

Dunnington,J.H. ... Healing of Incissions for Cataract Extaction
Amer.J.Ophth. 34, 36, 1951

ders. ... Ocular Wound Healing: With Particular Reference to the Cataract Incission
A.M.A.Arch.Ophth. 56, 639, 1956

ders. ... Some Modern Concepts of Ocular Wound Healing
A.M.A.Arch.Ophth. 59, 315, 1957

Dunnington,J.H., Regan, E.F. ... The Effect of Sutures and of Thrombing upon Ocular Wound Healing
Amer.J.Ophth. 35, 167, 1952

dies. ... Absorbable Sutures in Cataract Surgery
A.M.A.Arch.Ophth. 50, 545, 1953

Dunnington,J.H.
Regan, E.F.
Lésperace,F.A.jr. ... Progress in Ophthalmic Surgery
N.England J.Med. 269, 407 und 460,1963

Fechner, P.U. ... Die Histologie der Absorption von 6-0 mild-chromic Katgutfäden in der Kataraktwunde
Klin.Mbl.Augenhk. 145, 541, 1964

Floyd, J.R., Brockbauer, M.J. ... Spool Cottom as a Suture Material
Surgery 16, 403-406, (1944)

Fralick, F.B. ... 6-0 Chromaticed Gut in Wound Closure after Cataract extraction
W.Virginia Med.J. 46, 251, 1950

Freemann, D., Fasanella, R.M. ... Use of Fine Alloy-steel Wires Sutures in Ophthalmic Surgery. Experimental and Clinical Observations
Arch.Ophth. (Chicago) 53, 404, 1955

Gardilcic, A. ... Über die Präparationstechnik von Rattenschwanzsehnen zur Naht bei der Starausziehung
Ophthalmological (Basel)117,115,1949

Gaskin, E.R. ... Increased Granuloma Formation from absobable Sutures
J.Amer.Med.Ass. 185, 212, 1963

Halbron, P., Aitoff, H. ... Le fil de Nylon en chirurgie oculaire
Ann.ocul., Paris 180, 158, 1947

Hallermann, W. ... Verschiedenes über Keratoplastik
Klin.Mbl.Augenhk. 135, 252, 1959

ders. ... Betrachtungen über Harnhauttransplantationen
Klin.Mbl.Augenhk. 138, 769, 1961

ders. ... Über einige postoperative Komplikationen bei Keratoplastik
Klin.Mbl.Augenhk. 143, 167, 1963

Halsted, W.S. ... Ligature and Suture Material
J.Amer.Med.Ass. 60, 1119, 1913

Harms, H., Mackensen, G. ... Augenoperationen unter dem Mikroskop
Georg Thieme Verl.Stuttgart 52-53(1966)

Harrison, J.H. ... Synthetic Material as Vascular Prothesis
Amer.J.Surg. 95, 16, 1958

Haugaard, G. Thoennes, L.A., Hall, M.J. ... A Study of the Absorption Characteristics of Surgical Gut
Surg.Gyn.Obstetr. 83, 521, 1946

Henderson, J.W. ... Cotton Sutures in Ophthalmic Surgery
Arch.Ophth.(Chicago) 39, 545, 1948

Hofmann, H. ... Versuche mit Draht als Nahtmaterial in der Augenchirurgie
Klin.Mbl.Augenhk. 141, 402, 1962

Howes, E.L. Harvey, S.C. ... The Strength of Woundhealing in Relation to the Holding Strength of the Catgut Suture
N.England,J.Med. 200, 1285, 1929

dies. ... Tissue Response to Catgut Absorption, Silk and Woundhealing, Correlation With Tissue Strength
Internat.J.Med.(Burlington Vt)43,225,1930

Howes, EL. ... Strength of Wounds Sutured with Catgut and Silk
Surg.Gyn.Obstetr.(Chicago) 57,309, 1933

ders. ... The Immediate Strength of the Sutured Wound
Surgery, S.Louis 7, 24, 1940

Hudemann, H. ... Chirurgisches Nahtmaterial
VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1959)

Hufnagel, C.A., Zellos, S., Gillespie, J.F. ... Comparative Studies of the Effect of Methodes of Sterilisation on the Absorption of Chromic Catgut
Amer.J.Surg. 109, 424, 1965

Hughes, W.L. ... Catgut Sutures in Cataract Extractions
A.M.A. Arch.Ophth. 29, 867, 1943

Hughes, W.L., Guy, L.P., Romaine, H.H. ... Use of Absorbable Suture in Cataract Surgery
Arch. Ophth.(Chicago) 32, 362, 1944

Hyde, T.L. ... Cotton Surgical Suture Material
Surgery 16, 407-415, (1944)

Jenkins, H.P., Hrdina, L.S. ... Absorption of Surgical Gut (Catgut): I. The Decline in Tensile Strength in Tissues
Arch. Surg. Chicago 44, 881, 1942

dies. ... Absorption of Surgical Gut (Catgut): II. Pepsine Digestion Tests for Evaluation of Duration of Tensile Strength in Tissues
Arch.Surg.Chicago 44, 842, 1942

Jenkins, H.P., Hrdina, L.S., Ovens, F.E., Svischer, F.M. ... Absorption of Surgical Gut (Catgut): III. Duration in the Tissues after Loss of Tensile Strength
Arch.Surg.Chicago 45, 74, 1942

Jenkins, H.P., Dunham, L.C. ... Irritant Properties of Tubing Fluids as a Factor in the Tissue Reaction Observed with Surgical Gut (Catgut) Ann.Surg.Philadelphia 118, 288,1943

dies. ... Surgical Gut (Catgut) Tubing Fluid as a Tissue Irritant Ann Surg.Philadelphia 118, 269, 1943

Kalt, H. ... Die Cornealnaht nach Extraktion der Katarakt Arch.f.Augenheilk.XXX,15-18 (1895)

Kara, G.B. ... Histologic Appearance of an Eye Four Days after Cataract Extraction Arch.Ophth.(Chicago) 49, 285, 1953

Karitzky, B. ... Die Perlonanwendung in der Chirurgie Zbl.Chir.79, 129, 1954

Kettesy, A. ... Zur Frage der Operationstechnik, des Instrumentariums, des Nahtmaterials und des Transplantatschutzes sowie der Nachbehandlung der Keratoplastik Keratoplastik-Symposion Halle:Marhold 1957

Kiffney, G.T.jr., Stocker, F.W. ... Plain Versus Chromic Catgut Sutures in Cataract Surgery Amer.J.Ophth.49, 711, 1960

Kirby, D.B. ... Use of Direkt Radial Mild Chromic Catgut Sutures in Penetrating Keratoplaty Amer.J.Ophth. 38, 349, (1954)

Krüger, K.E. ... Biosutur, Herstellung und Verwendung Klin.Mbl.Augenhk.Stuttgart 144, 150,1964

Lamb, A. ... A Clinical Trial of Human Hair as a Suture Material in Eye Transact.Ophth.Soc.Australia 17,48,1957

Larmi, T. ... Collagenous Suture Material in Surgery of the Cornea and Sklera. An Experimental and Clinical Study Acta ophth.,Kĥvn.Suppl.Nr.63, Helsinki 1960

Latimer, O., Werr, J.A. ... Clinical Experience with Dacron as a Nonabsorbable Suture Material Surg.Gyn.Obstetr.(Chicago) 112,373,1961

Le Veen, H.H.
Barberio, J.R. ... Tissue Reaction to Plastics Used in Surgery with Special Reference to Teflon
Ann.Surg.Philadelphia 129, 74, 1949

Lindner, K. ... Über eine Abänderung der intrakapsulären Staroperation
Ber.Dtsch.Ophthalm.Ges. 52, 392, 1938

Madsen, E.D. ... An Experimental and Clinical Evaluation of Surgical Suture Materials
Surg.Gyn.Obstetr.(Chicago) 97, 73, 1953

Meade, W.H.
Ochsner, A. ... The Relative Value of Catgut, Silk, Linen and Cotton as Suturematerial
Surgery, S.Louis 7, 485, 1940

Meade, W.H.
Long, C.H. ... The Use of Cotton as a Suture Material With Particular Reference to its Clinical Application
J.A.M.A. 117 2140-2143 (1941)

Meissner, F. ... Tierexperimentelle Untersuchungen mit Perlon
Zbl.Chir. 78_I, 426, 1953

Morkhat, I.V. ... Experience with the Use of the Rats Tail Tendon as Suturing Material in Ophthalmology
Vestn.oftalm.(Moskva) 76, Nr. 6,72,1963

Müller, G. ... Erfahrungen mit Perlonnetzen und ihre Verwendung zur Nephropexie
Zbl.Chir.78_I, 200, 1953

Niedermeier, S. ... Kunststoffverträglichkeit bei augenärztlichen Operationen
Klin.Mbl.Augenhk.Stuttgart 146, 37, 1965

Paton, R.T. ... Keratoplasty
New York:Mc Graw-Hill Bock Company 1955

Payrau, P.
Offret, G.,Faure,
J.P., Pouliquen, Y.
Hameau, J.P. ... Essais experimentaux dútilisation de collagene en ophthalmologie
Arch.ophth.Paris N.S.23, 129, 1963

Mc Phershon,S.D.jr,
Young, J.A. ... Extruded Collagen Suturen in Cataract Surgery
Arch.Ophth.(Chicago) 73, 463, 1965

Mc Phershon, S.D.jr.. The Use of Absorbable Sutures in Surgery of the Cornea
Amer.J.Ophth.51, 118, 1961

Pischel, K. ... Discussion sur les operations de la cataracts
XIII.Consil.Ophth.Amsterdamm 2,710,1929

Postlewaide, R.W.
Schauble, J.F.
Dillon,ML. Morgan,J.. An Evaluation of Surgical Suture Material
Surg.Gyn.Obstetr. 108, 555, 1959

Putchkovskaya,N.A.
Nikulina, N.B. ... Employment of Resorptive Suture Material in Ophthalmology
Oftalm.z.,Odessa 18, 229, 1963

Rizutti ... The Cornea World Congress
King,H.K.,Mc Tigue, J.W.
Butterworths Washington (1965)338-250

Roland, O. ... Klinische Erfahrungen mit Collafil, einem neuen resorbierbaren Nahtmaterial
Dtsch.med.Wschr. 77 Jg, 502, 1952$_{I}$

Rothbard, S.,
Watson,R.F. ... Antigenosity of Rat Collagen
J.Exper.Med.(New York) 103, 57, 1956

Rycroft, B.W. ... Corneal Grafts
Butterworths Medical Publication 1955

Schulze-Brüggemann,
W., Strickel, G. ... Untersuchungen über das Verhalten der intrathorakalen Perlonplombe
Zbl.Chir. 78$_{II}$, 1668, 1953

Shambaugh, P.
Dunphy, J.E. ... Postoperative Wound Infection and the Use of Silk: An Experimental Study
Surgery, S.Louis 1, 379, 1937

Shepens, C.L.,
Okamura,I.D.,Brock-
hurst,R.J.,Regan,C.D.J. Skleral Buckling Procedures:V.Synthetic Sutures and Silicone Implants
Arch.Ophth.(Chicago) 64, 868, 1960

Suarez de Mendoza ... La suture de la cornée dans l'operation de la cataracta
Arch.ophth.(Paris) IX, 444, (1889)

Taylor, S.R.jr., Mc Phershon,S.D.jr Peacock, E.jr. ... The Experimental Use of Rat Tail Tendon as a Corneal Suture Material
Amer.J.Ophth. 56, 549, 1963

Thorek, P. ... Five Years Experience with Spool Cotton as Suture Material, Routine Use in Over one thousend Operations
Amer.J.Surg.71, 652-656, (1946)

Török, E. ... Extraction of Cataracts in the Capsule by a Slight Modification of the Graefe Method
Ann.Opth. 25, 712, 1916

Trautmann, I. ... Gewebsmechanische und tierexperimentelle Untersuchungen über Vor- und Nachteile verschiedenen Nahtmaterials für den Verschluß von Corneo-Skleralwunden
Klin.Mbl.Augenhk.Stuttgart 143, 182,1963

Vannas, S., Larmi, T. ... The Use of Collagenous Suture Material in Surgery of the Cornea and Sklera
Acta opth.,Khvn. 37, 371, 1959

Velhagen, K. ... Erfahrungen mit Perlonmaterial in der Augenheilkund
Graefes Arch.Ophth. 157, 429, 1956

Volkmann, R.C. ... Verspätete Wundinfektion bei Verwendung von Perlonnähten
Zbl.Chir.77_I, 1622, 1952

Vörösmarthy, D. Scheid, P. ... Doppeltgesicherte Kataraktoperationen mit Biosuturen
Klin.Mbl.Augenhk.Stuttgart 143, 492, 1963

Watson, R.F., Rothbard, F., Vanamee, P. ... The Antigenosity of Rat Collagen
J.Exper.Med.(New York)99, 535, 1954

Williams, P. ... Des aiquilles pour pratiquer la suture apres L'extraction de la cataracte (Congr.de Londres) Compte rend.
Soc.biol. 194

Wu, Y.K.,
Pai, N.C. ... Fine Alloy Steel Wire Sutures:
An Experimental and Clinical Study
Surg.Gyn.Obstetr. (Chicago) 74,110,1942

L e b e n s l a u f

Ich, Jürgen Hennig, wurde am 24.8.1941 als Sohn des Pfarrers Werner Hennig und seiner Ehefrau Gertrud geb. Stirn in Stuttgart geboren.

Von 1947 bis 1951 besuchte ich die Volksschule in Kupferzell Kr. Öhringen, von 1951 ~~bis 1953~~ bis zum Abitur im März 1961 das Fridrich-Schiller-Gymnasium in Ludwigsburg.

Mit dem Sommersemester 1961 begann ich das Medizinstudium an der Universität Tübingen. Hier legte ich im März 1962 die naturwissenschaftliche Vorprüfung ab und im April 1964 die ärztliche Vorprüfung. Im Sommersemester 1964 studierte ich in Hamburg und setzte das Studium danach in Tübingen fort, wo ich am 13.2.1968 die ärztliche Prüfung bestand.